

# ПАЛЕОМАГНЕТИЗМ И МАГНЕТИЗМ ГОРНЫХ ПОРОД

Материалы Всероссийской школы-семинара  
по проблемам палеомагнетизма и магнетизма  
горных пород  
9-12 ноября 2015 г.



УДК 552(063)  
ББК 26.31я431  
П14

**П14 Палеомагнетизм и магнетизм горных пород: теория, практика, эксперимент** / Геофизическая обсерватория «Борок» – филиал Института физики Земли им. О. Ю. Шмидта РАН – Ярославль: Филигрань, 2015. – 312с.

**ISBN 978-5-906682-44-4**

Проведение Всероссийской школы-семинара по проблемам палеомагнетизма и магнетизма горных пород и издание материалов осуществлено при финансовой поддержке ФАНО России и Российского фонда фундаментальных исследований (Проект № 15-05-20926-г).

9 ноября 2015 г.  
Москва, ИФЗ РАН

10 – 12 ноября 2015 г.  
ГО «Борок» ИФЗ РАН

Ответственный редактор:  
д.ф.-м.н., профессор Щербаков В.П.

ISBN 978-5-906682-44-4

УДК 552(063)  
ББК 26.31Я431

© Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики Земли им. О. Ю. Шмидта Российской академии наук.

3. *Draeger U., Prevot M., Poidras, T., Riisager, J.* Single-domain chemical, thermochemical and thermal remanences in a basaltic rock // *Geophys. J. Int.* 2006. V. 166. N 1. P. 12-32.
4. *Biggin A.J., Badejo S., Hodgson E., Muxworthy A.R., Shaw J., Dekkers M.J.* The effect of cooling rate on the intensity of thermoremanent magnetization (TRM) acquired by assemblages of pseudo-single domain, multidomain and interacting single-domain grains // *Geophys. J. Int.* 2013. V. 193. N 3. P. 1239-1249.
5. *Грибов С.К., Долотов А.В., Марков Г.П.* Некоторые результаты лабораторного моделирования приобретения химической остаточной намагниченности при окислительном распаде природных титаномагнетитов / *Материалы Всероссийской школы-семинара «Проблемы палеомагнетизма и магнетизма горных пород» (настоящий сборник).*
6. *Thellier E., Thellier O.* Sur l'intensité du champ magnétique terrestre dans le passé historique et géologique // *Ann. Geophys.* 1959. V. 15. P. 285-376.
7. *Coe R.S.* The determination of paleointensities of the Earth's magnetic field with special emphasize on mechanisms which could cause nonideal behavior in Thellier method // *J. Geomag. Geoelectr.* 1967. V. 19. N 3. P. 157-179.
8. *Nagata T., Arai Y., Momose K.* Secular variation of the geomagnetic total force during the last 5000 years // *J. Geophys. Res.* 1963. V. 68. N 18. P. 5277-5281.
9. *Wilson R. L.* Palaeomagnetism and Rock Magnetism // *Earth. Sci. Sci. Rev.* 1966. V.1. N 2-3. P. 175-212.
10. *Бураков К.С.* Метод определения напряженности геомагнитного поля по кривым терморазмагничивания  $J_n$  и  $J_{rt}$  / *Материалы IX конференции по вопросам постоянного геомагнитного поля, магнетизма горных пород и палеомагнетизма.* Баку. 1973. Ч. 2. С.56-57.
11. *Coe R.S., Gromme C.S., Mankinen E.A.* Geomagnetic paleointensities from radiocarbonated lava flows on Hawaii and the question of the Pacific nondipole low // *J. Geophys. Res.* 1978. V. 83. N B4. P. 1740-1756.
12. *Selkin P.A., Tauxe L.* Long-term variations in palaeointensity // *Philos. Trans. R. Soc. London, ser. A.* 2000. V. 358. N 1768. P. 1065-1088.

## **Результаты палео- и петромагнитных исследований пограничного интервала берриаса-валанжина Восточного Крыма**

*В. А. Грищенко, А. Ю. Гужиков, А. М. Суринский*

*Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского*

В рамках комплексных стратиграфических исследований берриаса-валанжина Восточного Крыма, направленных на обоснование подошвы валанжинского яруса в этом регионе, проведено палеомагнитное изучение разрезов Заводская балка (западная окраина Феодосии) и Султановка (с. Южное Феодосийского района). Палеомагнитные данные исключительно важны при решении этой проблемы, потому что позволяют сопоставить крымские разрезы со шкалой геомагнитной полярности (GPTS) [1], в которой магнитные хроны увязаны с аммонитовым зональным стандартом Средиземноморья.

В литологическом плане разрезы весьма однородны и представлены мощной толщей пластичных глин султановской свиты. В них отобраны ориентированные штуфы с 95 стратиграфических уровней, распиленные впоследст-

вии на 380 образцов, подвергнутых стандартному комплексу палео- и петромагнитных исследований: магнитным чисткам переменным магнитным полем на установке LDA-3, измерениям естественной остаточной намагниченности ( $J_n$ ) на спин-магнитометре JR-6, магнитной восприимчивости ( $K$ ) и ее анизотропии на капабридже MFK1-FB, опытам магнитного насыщения с использованием электромагнита до 700 мТл и дифференциальному термомангнитному анализу на приборе ТАФ-1. Палеомагнитная стабильность глин биасалинской свиты, магнетит, как главный носитель  $J_n$ , были установлены ранее [2, 3, 4] и подтверждены материалами настоящих исследований.

Разрез Заводская балка довольно четко подразделяется на две части: **нижнюю**, вскрытую карьером, где обнажаются глины, практически не затронутые оползевыми процессами и **верхнюю** с явными оползевыми деформациями. Результаты био- и магнитостратиграфических исследований нижней части, полученные ранее [2, 4, 5], свидетельствуют о том, что уровень подошвы валанжина находится внутри верхней части разреза. При опробовании монотонной глинистой толщи, подверженной оползевым явлениям, элементы залегания пластов в каждой точке отбора и, как следствие, точное расстояние между палеомагнитными штуфами не могли быть точно определены, но последовательность образцов «выше-ниже», безусловно, была соблюдена.

Результаты анизотропии магнитной восприимчивости (АМВ) сильно различаются в нижней («недеформированной») и верхней («оползевой») частях разреза. АМВ нижней части типична для верхнеюрских–нижнемеловых глин Восточного Крыма [5]: проекции коротких осей ( $K3$ ) магнитных эллипсоидов тяготеют к центру стереограммы, что указывает на формирование осадка в спокойной гидродинамической обстановке, а проекции длинных осей ( $K1$ ) упорядочены в субширотном направлении, что обусловлено коллизийным сжатием (рис. 1-1А). В верхней же части разреза распределение осей хаотично из-за невозможности учета истинных элементов залегания слоев вследствие пластичных деформаций глин (рис. 1-1Б).

Межпластовые кучности характеристических компонент  $J_n$  (**ChRM**) также существенно различны в нижней и верхней частях разреза: в «недеформированных» отложениях они, примерно, в 3–4 раза выше, чем в «оползевом» интервале (рис. 1-2А, 2Б). Причем, в верхах разреза, по многим палеомагнитным направлениям о знаке полярности можно судить только предположительно, а по некоторым – невозможно (потому два вектора, проецируемых на северо-западный сектор стереограммы (рис. 2-2Б), не участвовали в расчетах палеомагнитной статистики).

Анализ особенностей распределения осей магнитных эллипсоидов и палеомагнитных векторов по всему разрезу берриаса Заводская балка, с учетом материалов предыдущих лет [2, 4, 5] обнаруживает значимую связь между петромагнитными и палеомагнитными показателями. В качестве мер «аномальности» АМВ и палеомагнитных направлений каждого из образцов ( $\Delta_{AMB}$  и  $\Delta_{ChRM}$ , соответственно) были выбраны отклонения проекций  $K3$  (или **ChRM**) от средних направлений  $K3$  (или **ChRM**) в низах разреза, которые

практически не затронуты оползнями. Коэффициент линейной корреляции между  $\Delta_{AMB}$  и  $\Delta_{ChRM}$ , определенными по 132 пробам, составляет 0.35, что означает наличие корреляции между этими параметрами на уровне значимости 0.01. Это означает, что скорее всего, хаос на стереограммах AMB (рис. 1-1Г) и низкие межпластовые палеомагнитные кучности (рис. 1-2Г) обусловлены одной общей причиной – оползневыми деформациями, и поэтому многие направления **ChRM** в верхах разреза правмерно могут быть использованы для определения знака полярности.

Разрез Султановка опробован в естественных обнажениях на разных крыльях Султановской синклинали. Поскольку в глинистой толще измерить реальные элементы залегания слоев невозможно, они были определены только по поверхностям пластов нижнеберриасских мергелей в кровле нижележащей двукорной свиты. Результаты изучения анизотропии магнитной восприимчивости в этом разрезе, на первый взгляд, выглядят парадоксально: распределение осей выглядит более логичным в современной, а не в древней системе координат (рис. 1-1В, 1Г): стереограммы AMB для горизонтально залегающих пластов (рис. 1-1В), в первом приближении, аналогичны магнитной текстуре низов разреза Заводская балка (рис. 1-1А), в то время, как введение поправок за наклон пластов приводит к исчезновению закономерностей, характерных для юрских–меловых глин Горного Крыма [5].

Распределения **ChRM** характеризуются крайне низкими кучностями (4-6) в обеих системах координат, но тем не менее в современной системе проекции большинство векторов группируются либо в северных румбах нижней полусферы, либо в южных секторах на верхней полусфере и с пологими наклонениями – на нижней (рис. 1-2В), что позволяет предположить наличие в отложениях компонент намагниченности, соответствующих, как нормальной, так и обратной полярности. В древней системе координат интерпретировать знак полярности подавляющей части **ChRM**, практически, невозможно.

Результаты теста складки [6], однозначно, указывают на послескладчатый возраст  $J_n$ . Но перемагничивание отложений после формирования складки, учитывая однородность глинистой толщи, плохо согласуется с предположением о наличии урвней с противоположными знаками полярностей.

Нами предложена модель синседиментационного формирования Султановской синклинали, в рамках которой возможно объяснение перечисленных, казалось бы, взаимоисключающих друг друга данных. Если предположить, что времени образования складки соответствуют только низы биасалинской свиты (это правдоподобно, потому что эпоха позднекиммерийской складчатости в Крыму приходится на конец берриасского века [7]), то в исследуемом разрезе максимально деформированы должны быть нижние слои глин, в то время, как верхние могут залегать практически субгоризонтально. Эта гипотеза проверяема, потому что в случае ее справедливости, мы, исключив из тестирования верхние слои, должны обнаружить синскладчатую компоненту, что на самом деле и происходит после удаления данных по верхам разреза, вплоть до уровня образца 2926/18 (рис. 2). По мере дальнейшего последова-

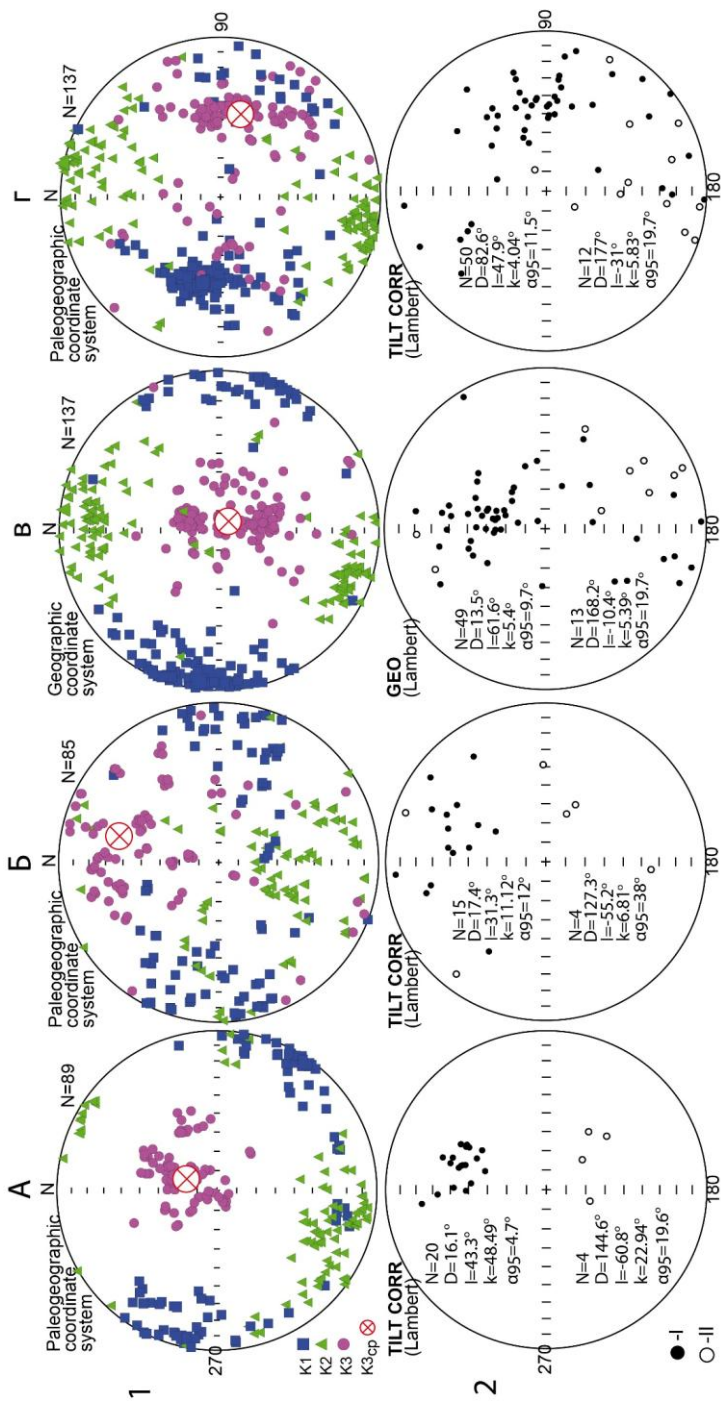
тельного исключения слоев (сверху вниз) синскладчатая компонента уже не исчезает.

Таким образом, в целом по разрезу нетипичная картина АМВ, и послескладчатый возраст намагниченности, наряду с наличием противоположно направленных компонент  $J_n$ , объясняются, в основном, неучетом реальных элементов залегания. Не исключено, что разброс осей магнитных эллипсоидов усугубляется оползневыми явлениями, а дополнительным фактором, способствующим аномальному разбросу палеомагнитных направлений в Султановке, является присутствие в ощутимом количестве гидроокислов железа, из-за которых выделение  $ChRM$  в чистом виде затруднено.

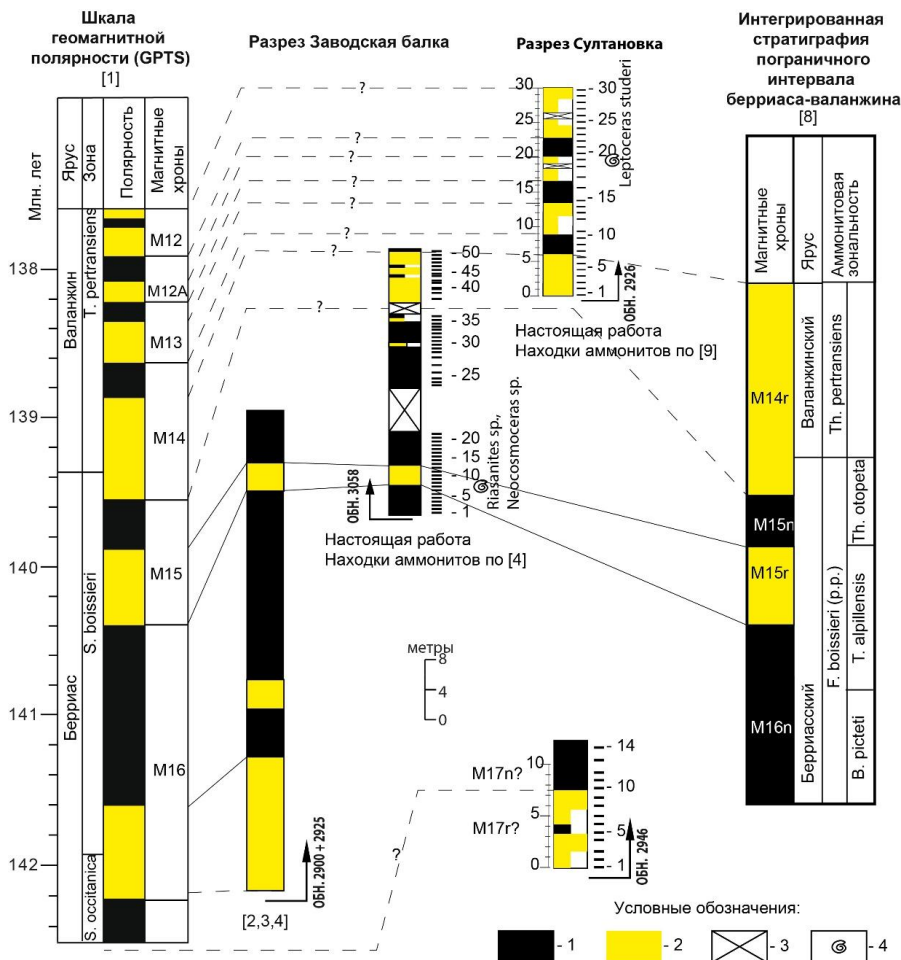
Построенные палеомагнитные колонки разрезов обнаруживают ряд признаков, которые используются при обосновании древнего возраста намагниченности в магнитостратиграфических исследованиях, как то: 1) определения знака полярности закономерно группируются по разрезу, образуя крупные N- или R-магнитозоны, обоснованные образцами не менее, чем с 3 стратиграфических уровней (рис. 2); 2) знак полярности индифферентен к литологическому составу, поскольку разнополярные магнитозоны выделяются в пределах однородной глинистой толщи; 3) большие разбросы палеомагнитных векторов, в совокупности с данными по АМВ, находят убедительное объяснение в рамках гипотез о первичной или синскладчатой природе намагниченности.

Сопоставление полученных данных с GPTS [2] и палеомагнитной характеристикой аммонитового стандарта берриаса–валанжина [8], пока, положительное в верхах сводного разреза (рис. 2), безусловно, будет уточняться, по мере получения палеонтологических материалов. Наряду со стратиграфическим значением полученных сведений, главным итогом исследований, на наш взгляд, является вывод о возможности получения магнитополярной информации по отложениям, подвергшихся полигенным деформациям, как в результате складчатости, так и новейших экзогенных процессов.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 14-05-31152-мол\_a) и Минобрнауки России в рамках госзадания в сфере научной деятельности (задание № 1757).*



**Рис. 1.** Результаты анизотропии магнитной восприимчивости (1) и палеомагнитных чисток (2) (А, Б - низов и верхов разреза Заводская балка, соответственно; В, Г – разреза Султановка в современной и древней системе координат, соответственно)  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$  и  $K_{3cp}$  – проекции длинных, средних, коротких осей эллипсоидов магнитной восприимчивости и среднего направления коротких, соответственно; I, II – проекции  $J_n$  на нижнюю и верхнюю полушару соответственно.



**Рис. 2** - Сопоставление магнитостратиграфических данных по разрезам Заводская балка и Султановка с магнитохронологической шкалой. 1, 2 – нормальная и обратная полярность соответственно, 3 – отсутствие палеомагнитных данных, 4 – находки аммонитов.

1. Ogg J.G., Himmov L.A., Huang C. Cretaceous // Gradstein F., Ogg J.G., Schmitz M.D., Ogg G.M. The Geologic Time Scale 2012. Elsevier. 2012. P. 793–853.
2. Аркадьев В.В., Багаева М.И., Гужиков А.Ю., Маникин А.Г., Перминов В.А., Ямпольская О.Б. Био- и магнитостратиграфическая характеристика разреза верхнего берриаса «Заводская балка» (Восточный Крым, Феодосия) // Вестн. СПбГУ. Геология. География. 2010. Сер. 7. Вып. 2. С. 3–16
3. Guzhikov A., Bagayeva M., Arkadiev V. Magnetostratigraphy of the Upper Berriasian «Zavodskaya Balka» section (East Crimea, Feodosiya) // Volumina Jurassica, 2014. XII (1). P. 175–184.
4. Arkadiev V.V., Guzhikov A.Yu., Savelieva J.N., Feodorova A.A., Shurekova O.V., Bagaeva M.I., Grishchenko V.A., Manikin A.G. New data on bio- and



- magnetostratigraphy of the Upper Berriasian section “Zavodskaya balka” (Eastern Crimea, Feodosiya) // The International Scientific Conference on the Jurassic/Cretaceous boundary. September 7–13, 2015, Samara (Russia). – Togliatti: Cassandra, 2015. P. 8–14.
5. Багаева М.И., Гужиков А.Ю. Магнитные текстуры как индикаторы условий формирования титонских-берриасских пород Горного Крыма // Известия Саратовского университета. Новая серия. Сер. Науки о Земле. 2014. Т. 14. Вып. 1. С. 41–47.
6. McFadden P.L. A new fold test for paleomagnetic studies // Geophys. J. Int., 1990, v. 103, p. 163–169.
7. Никишин А.М., Болотов С.Н., Барабошкин Е.Ю., Брунэ М.-Ф., Еришов А.В., Клушин С., Конаевич Л.Ф., Назаревич Б.Н., Панов Д.И. Мезозойско-кайнозойская история и геодинамика Крымско-Кавказско-Черноморского региона. // Вестник МГУ. Серия 4. Геология. 1997. – №3. С. 6–16
8. Aguado R., Company M., Tavera J. M. The Berriasian–Valanginian boundary in the Mediterranean region: new data from the Caravaca and Cehegín sections, SE Spain // Cretaceous Research. V. 21. 2000. P. 1–21.
9. Аркадьев В.В., Рогов М.А., Перминов В.А. Новые находки гетероморфных аммонитов в берриасе-валанжине Горного Крыма // Палеонтологический журнал. 2011. № 4, С.35–40.

## Магнитостратиграфия кампана-маастрихта Саратовского Поволжья

А. А. Гужикова

*Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского*

Проведено палео- и петромагнитное изучение разрезов кампана-маастрихта – карьеров по добыче цементного сырья «Большевик» и «Коммунар» близ г. Вольск на севере и у с. Нижняя Банновка на юге Саратовского Правобережья. Северные разрезы представлены исключительно карбонатными фациями (мел, мергели), южные – кремнисто-терригенными, терригенными и карбонатно-терригенными породами (рис. 1, 2). Практически все отложения слабомагнитны. В вольских разрезах магнитная восприимчивость ( $K$ ) варьирует от (-1) до  $1 \cdot 10^{-5}$  ед.СИ, за исключением низов, где она достигает  $5-10 \cdot 10^{-5}$  ед.СИ; естественная остаточная намагниченность ( $J_n$ ), за редкими исключениями, не превышает  $0.1 \cdot 10^{-3}$  А/м (рис. 2) [1]. В Нижней Банновке, на фоне слабомагнитных ( $K=2-18 \cdot 10^{-5}$  ед.СИ,  $J_n=0.03-0.7 \cdot 10^{-3}$  А/м) опок и глин, повышенными значениями параметров выделяется глауконитовый песчаник:  $K=34-58 \cdot 10^{-5}$  ед.СИ,  $J_n=0.03-3.5 \cdot 10^{-3}$  А/м (рис. 3). Измерения  $K$  проводились на каппабридже MFK1-FB,  $J_n$  – на спин-магнитометре JR-6 и криогенном магнитометре (SQUID) 2G-Enterprices (в ИФЗ РАН, Москва). Данные магнитного насыщения и терромагнитного анализа указывают на тонкодисперсный магнетит в роли главного носителя намагниченности. Это подтверждается материалами микрондового анализа (проведенного В.А. Цельмовичем на приборе ТЕСКАН-ВЕГА II), которые фиксируют наличие в разрезах магнетитовых сферул и чешуек железа, вероятно, космогенного происхождения [2]. Все образцы были подвергнуты магнитным чисткам переменным полем, а глауконитовые песчаники из разреза Нижняя Банновка и температурой. Результа-